

OFFICE de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE
et TECHNIQUE OUTRE-MER

O.R.S.T.O.M.

ASSOCIATION pour l'ORGANISATION
des STAGES en FRANCE

A.S.T.E.F.

RAPPORT de MISSION dans la PROVINCE du QUEBEC
du 4 Mai au 25 Juin 1966

par

Marcel ROCHE

Ingénieur en Chef à E.D.F.

Chef du Département de la Recherche Fondamentale
du Service Hydrologique de l'O.R.S.T.O.M.

Professeur à l'Ecole Nationale du Génie Rural,
des Eaux et des Forêts

Juillet 1966

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 33332, ex 1

Cote :

B



I - OBJET de la MISSION -

L'expert était chargé d'une première prise de contact avec la Direction Générale des Eaux (Ministère des Richesses Naturelles du QUEBEC), en vu d'amorcer une collaboration sur le plan des études hydrologiques.

Le programme du séjour comportait notamment l'étude générale des régimes hydrologiques du QUEBEC, des méthodes de collection des données (mesures et rassemblement des résultats), du traitement automatique de ces données et de l'organisation générale des services hydrologiques. Enfin, la Direction Générale des Eaux a demandé à l'expert de collaborer à la mise au point d'un certain nombre de programmes de Recherche.

Un tour d'horizon à peu près complet des problèmes hydrologiques spécifiques au QUEBEC a été effectué ; bien entendu, le détail n'a pu être abordé que pour un nombre restreint de question.

Des moyens de déplacement importants ont été mis à la disposition de l'expert par le Gouvernement du QUEBEC : voitures, avions amphibies. En outre, chaque fin de semaine, une voiture sans chauffeur était prêtée par le Ministère pour permettre à l'expert d'effectuer des visites complémentaires sur le terrain.

Pendant la durée de la mission, toute l'aide souhaitable, notamment en personnel, documentation et matériel, a été fort aimablement apportée à l'expert qui en remercie les ingénieurs et employés du Ministère, et tout particulièrement Monsieur Michel SLIVITZKY, Directeur Général des Eaux.

II - CALENDRIER -

- 4 Mai : Arrivée à QUEBEC.
- 4-6 Mai : Prises de contact, premier aperçu de l'organisation du Ministère et de la Direction Générale.
- 9 Mai : Visite au Sous-Ministre.
- 10 au 13 Mai : Calcul automatique ; premier contact avec les problèmes de glaces, notamment du point de vue de leur influence sur les mesures hydrométriques.

- 14 Mai : Visite du bassin de la Rivière CHAUDIERE.
- 16 au 19 Mai : Voyage en avion amphibie sur la côte Nord de l'estuaire du SAINT-LAURENT. Visite des stations hydrométriques de Sept Iles à la Petite Mécatina.
- 20 Mai : Discussions sur les problèmes d'hydrométrie au QUEBEC.
- 21 au 23 Mai : Voyage en voiture : GASPESIE.
- 24-25 Mai : Etude des régimes du Nord.
- 26 Mai : Survol de la rivière St-ANNE, des LAURENTIDES, de la bordure Sud des Cantons de l'Est et de la Rivière CHAUDIERE.
- 27 Mai : Visite du bassin expérimental de la forêt de MONTMORENCY.
- 28 et 29 Mai : Voyage en voiture : lac St-JEAN et Rivière SAGUENAY.
- 30 et 31 Mai : Etude des régimes du Nord.
- 1 au 7 Juin : Voyage avion dans les bassins d'alimentation de la baie d'UNGAVA (GRAND NORD). Nombreux survols à partir de FORT CHIMO, visites de stations, jaugeages.
- 8 au 10 Juin : Etude des régimes du Nord.
- 11 et 12 Juin : Voyage voiture dans les cantons de l'Est. MONTREAL. Retour par la rive gauche du St-LAURENT.
- 13 au 24 Juin : Etude des régimes du Nord, mise au point d'un modèle mathématique pour les crues de fonte de neige.
Le 21 Juin : entrevue télévisée (Radio-CANADA).
- 25 Juin : Retour à PARIS.

III - Les REGIMES HYDROLOGIQUES du QUEBEC -

Ces régimes sont dominés par l'effet d'une longue période de gel et celui d'un couvert neigeux important. A l'intérieur de la Province, l'importance relative de chacun de ces effets nuance, suivant la situation géographique des bassins, le régime nivo-pluvial qui est de règle dans

l'ensemble du pays. Ces deux effets sont distincts, bien qu'il existe une certaine corrélation entre la durée du gel et ce que nous appelons la "fraction nivale", c'est-à-dire le rapport de la précipitation neigeuse (équivalent en eau) à la précipitation annuelle totale.

Une première étude sommaire de la fraction nivale moyenne a été faite par nos soins et se traduit par une carte sur laquelle sont tracées les courbes d'égale fraction nivale. Les taux d'enneigement les plus élevés se situent au Sud de la Baie d'UNGANA (plus de 0,45). A partir de l'axe Nord-Sud du plateau du Nouveau QUEBEC et du LABRADOR, ils décroissent aussi bien, pour une latitude donnée, vers l'Ouest en direction de la baie d'HUDSON et de la baie JAMES que vers l'Est en direction de l'Atlantique. A l'extrême Sud de la Province, la fraction nivale moyenne s'abaisse à 0,25 et même moins. La carte provisoire que nous présentons est tirée de données hétérogènes provenant de stations pour lesquelles les périodes d'observations s'échelonnent entre 19 et 63 ans. Une homogénéisation serait nécessaire pour l'obtention d'une carte plus significative.

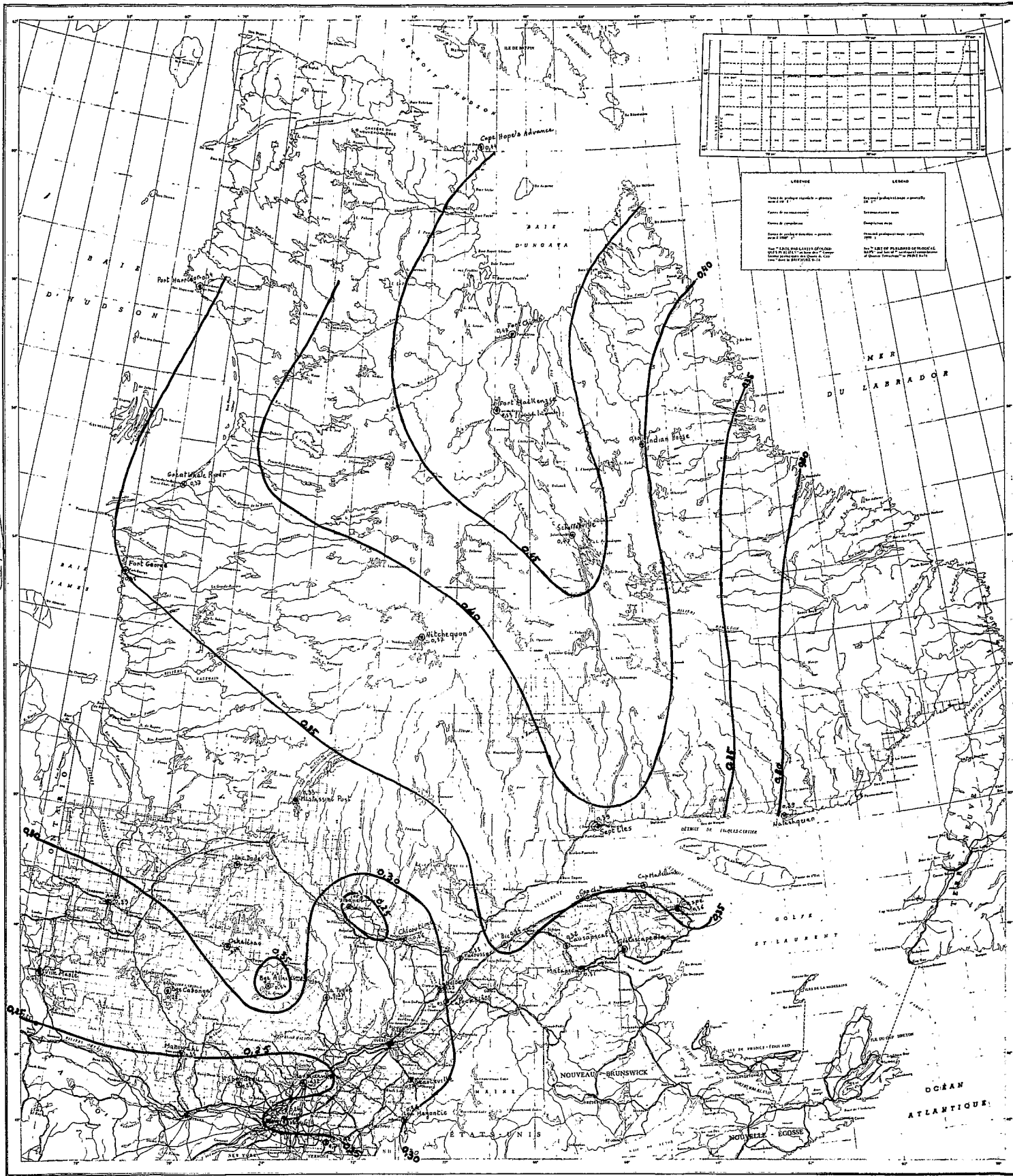
Du point de vue hydrologique, la fraction nivale se rapporte surtout à l'importance relative des apports nivaux, stockés pendant l'hiver et restitués au réseau sous forme d'eau de fonte à partir du début du dégel, et des apports pluviaux qui se manifestent pendant l'été.

La durée du gel agit nécessairement sur la fraction nivale puisqu'elle commande pratiquement la période de l'année pendant laquelle les précipitations tombent sous forme de neige. Mais elle n'en constitue pas le seul facteur, car l'abondance relative des précipitations d'hiver et des précipitations d'été varie suivant la localisation géographique.

En gros, et dans la mesure où la période de gel est continue, on assistera donc :

- A un stockage nival durant lequel le débit des rivières décroîtra progressivement (tarissement hivernal). L'écoulement dans le réseau se fait sous un couvert de glace.

- A une fonte du stock neigeux qui commence à une date d'autant plus tardive que la latitude est plus élevée. Cette fonte se traduit par une crue de printemps qui est généralement la plus forte de l'année, tout au-moins sur les grands bassins. La débâcle des glaces, dans le réseau hydrographique, suit d'assez près le début de la fonte nivale.



- A des pluies de printemps, généralement peu abondantes mais dont l'effet peut se superposer à celui de la fonte.
- A un été souvent sec.
- A des pluies d'automne donnant des crues d'importance fort variable.

Dans le Sud, les choses se compliquent du fait que l'on peut avoir des dégels temporaires et des pluies durant l'hiver. D'autre part, des typhons peuvent occasionnellement toucher les bassins du Nord et provoquer ainsi des crues d'été plus fortes que les crues de fonte de neige.

Enfin, l'effet de stockage des lacs et des marécages est considérable. C'est probablement à cet effet qu'est due, en grande partie, la maintenance des débits sous-glaciaires d'hiver.

IV . ETUDE PARTICULIERE des REGIMES du NORD -

Les bassins du Nord, c'est-à-dire en gros ceux qui sont situés au-dessus du 48ème parallèle, ont un régime nival très poussé. Il neige en moyenne d'Octobre à Avril et il pleut de Juin à Septembre. Il ne peut se produire de dégel temporaire durant l'hiver, pendant lequel les rivières subissent un tarissement continu.

La montée des eaux commence avec le dégel qui amorce d'abord la fonte du couvert neigeux, puis produit très rapidement la débâcle des glaces, entraînant une crue, généralement la plus forte de l'année. Le processus de la formation de cette crue de fonte de neige a été étudié par l'expert qui a proposé un modèle mathématique actuellement en cours d'exploitation par la Direction Générale des Eaux (en annexe).

Les pluies font ensuite leur apparition et l'étude de la réaction des bassins à ces pluies fera l'objet d'un nouveau modèle mathématique lorsque le modèle de crue de fonte, plus simple, aura été suffisamment expérimenté.

La comparaison des débits moyens mensuels et des débits moyens annuels des différents bassins montre que ces débits sont en moyenne dans un rapport assez voisin du rapport des superficies desdits bassins. Une étude préliminaire a été faite dans ce sens, séparément pour les tributaires de la baie d'UNGAVA (CANIAPISCAU, IARCH, SWAMPY-BAY, Rivière à la BALEINE) et pour ceux des baies JAMES et d'HUDSON (EASTMAIN, OPINACA, GIPOULOUX, GIARD, RUPERT, WASWANIPI).

Les débits maximaux annuels présentent une certaine corrélation (étude sommaire faite pour la WASWANIPI et la RUPERT). Ces faits font penser à une certaine homogénéité dans l'alimentation des bassins, même sur de larges étendues. On est malheureusement très mal outillé pour l'étude directe de la répartition géographique des précipitations nivales ou pluviales ; les postes d'observations sont très rares et il semble bien difficile dans un proche avenir d'en accroître le nombre.

Dans les quelques essais préliminaires pour l'étude de la crue de fonte, on avait cherché à déceler l'influence de paramètres climatiques globaux sur le débit de pointe de cette crue. C'est ainsi que pour la rivière WASWANIPI, on a pu mettre en évidence, par régressions multiples, l'influence prédominante de la température moyenne de Mai (prise à NITCHEQUON, c'est-à-dire assez loin du bassin), le stock nival, considéré également à NITCHEQUON, intervenant comme facteur correctif. Pour la Rivière RUPERT, on trouvait les mêmes influences.

Il existe également une corrélation faible mais significative entre la valeur du maximum et sa date d'arrivée, ainsi qu'on l'a vérifié pour la Rivière aux OUTARDES, fleuve de la côte Nord de l'estuaire du SAINT-LAURENT.

Pour les études de crues de fonte neigeuse, il fallait s'assurer que la température, prise à un poste souvent très éloigné du bassin, constitue un paramètre suffisamment consistant ; une série d'études sommaires menées sur les résultats d'un certain nombre de postes d'observation (SCHEFFERVILLE - NITCHEQUON, MISTASSINI - NITCHEQUON, FORT-CHIMO - SCHEFFERVILLE, CAP HOPE'S ADVANCE - FORT-CHIMO) ont montré que la corrélation entre ces postes est très satisfaisante. Le paramètre choisi était la température moyenne de Mai. A l'échelle du mois, la régression est linéaire ; pour NITCHEQUON et MISTASSINI, on a représenté sur un même graphique les températures moyennes de tous les mois de l'année pour toute la période d'observations communes ;

il semble que la courbe ne soit pas tout-à-fait une droite, mais, aucun test n'ayant été appliqué, il n'est pas sûr que la courbure, extrêmement faible, présente un quelconque degré de signification.

Un autre point important pour le régime d'une rivière est l'étude des basses eaux. Dans les bassins du Nord, l'alimentation directe du réseau par les précipitations cesse dès l'apparition du gel et on assiste alors à un tarissement progressif jusqu'au prochain dégel. Le débit de tarissement est alimenté par la vidange des réserves des bassins. Dans la plupart des pays, il s'agit surtout de réserves souterraines, mais, dans cette partie du QUEBEC, les lacs et les marécages ont une telle extension qu'ils constituent probablement la principale source du tarissement. Il semble donc que le niveau des différents lacs au départ du gel conditionne essentiellement la valeur du débit qui s'écoulera pendant l'hiver. En fait, cet écoulement devient très rapidement sous-glaciaire et les conditions hydrauliques de la vidange des lacs doivent être assez complexes ; les conditions aux exutoires, en particulier, peuvent varier suivant la topographie du couvert de glace qui dépend non seulement du niveau initial, mais probablement de l'évolution de la température et du bilan radiatif, ainsi que du régime des vents. On ne voit pas très bien, actuellement, comment on pourrait aborder le problème dans toute sa complexité, de sorte qu'il faudra bien se contenter d'introduire des paramètres simples, quitte à admettre une confortable dispersion sur les résultats.

Lorsqu'on trace les courbes de tarissement en diagramme semi-logarithmique (débits en ordonnée logarithmique), on observe très nettement deux cassures séparées par un intervalle de temps de durée très variable. La seconde cassure correspond au début de la fonte neigeuse ; elle est suivie d'assez près par la débâcle. On peut penser que la première cassure est due à l'influence du rayonnement qui se traduirait, lorsque ce dernier est suffisamment important, par une légère fusion glaciaire à l'interface eau - glace, ayant pour effet de freiner l'abaissement du débit ; plus rarement, on peut même assister à un léger renforcement du débit. Le phénomène est net surtout pour les tributaires de la baie JAMES et de la baie d'HUDSON ; une étude détaillée a été faite pour la Rivière RUPERT. Pour les tributaires de la baie d'UNGAVA, on l'observe bien sur la CANIAPISCAU, mais pour les autres rivières, c'est beaucoup plus confus ; il faut dire que les débits d'hiver y sont assez mal connus, tout-au-moins pas avec la finesse qui serait nécessaire pour la mise en évidence de l'influence du rayonnement.

Les paramètres de l'étude du débit minimal seraient donc les suivants :

- Niveau H_R des lacs à une date de référence, par exemple au 1er Janvier ou au 1er Février. Le débit dû à la vidange d'un lac à une date séparée par t jours de la date de référence s'exprimerait par :

$$f(H_{Ri}) e^{-k_i t}$$

et le débit total de la rivière à la même date serait :

$$\sum f(H_{Ri}) e^{-k_i t}$$

- Date t_A du début de l'influence du rayonnement.
- Evolution de l'intensité du rayonnement moyen dans le temps $G(t)$.
- Date du début de la fonte t_B .

Le débit minimal serait alors de la forme :

$$\sum f(H_{Ri}) e^{-k_i t_B} + \int_{t_A}^{t_B} V(G) dt$$

Le niveau de référence de l'ensemble des lacs peut sans doute être remplacé par le niveau de référence du lac principal, s'il en existe un dans le bassin, ou par un niveau de référence fictif jouant le rôle de paramètre global.

Cependant, l'introduction du niveau des lacs comme paramètre ne résoud pas le problème hydrométéorologique des débits minimaux. Ce niveau dépend en fait des volumes précipités durant l'hiver et durant l'été qui ont précédé la période de gel à la fin de laquelle on étudie le débit minimal, ainsi que de la répartition des températures durant la fonte du printemps précédent et de la répartition des précipitations de l'été précédent.

Dans le stade actuel des observations, il n'est pas possible de se montrer aussi ambitieux et on a fait plusieurs tentatives en introduisant des paramètres climatologiques globaux pris à des stations souvent fort éloignées des bassins étudiés.

C'est ainsi que pour la Rivière RUPERT, deux études ont été conduites par la méthode des résidus.

1ère méthode :

Facteur principal : précipitation de la période Juin-Octobre précédente (NITCHEQUON).

1er facteur secondaire : précipitation neigeuse de l'avant-dernier hiver (Septembre-Mai) à NITCHEQUON.

2ème facteur secondaire : température Mars + température moyenne d'Avril à NITCHEQUON.

L'introduction de la température avait pour but de tenir compte de la fonte par rayonnement. La température de l'air est en effet plus ou moins liée à la quantité de rayonnement, au moins pour une saison donnée.

Le gain obtenu par l'introduction des facteurs correctifs est relativement faible.

2ème méthode :

La seconde méthode consiste à passer par un débit charnière, en l'occurrence celui du 1er Février. C'est ce débit charnière qui est mis en régression avec les 2 facteurs précipitations cités plus haut. Les résultats sont bien meilleurs que pour la 1ère méthode (2 points aberrants sur 13, le reste faiblement dispersé), mais il reste à établir la régression entre le débit charnière et le débit minimal ; finalement, on retombe à peu près sur la dispersion originale. D'autres essais ont été tentés en adoptant d'autres débits charnières.

La faible influence de la température sur le débit minimal de

la RUPERT s'explique par l'influence prépondérante de l'immense réserve que constitue le lac MISTASSINI : les débits de basses eaux sont élevés et la fonte par rayonnement n'apporte qu'un débit relativement minime par rapport au débit total.

Il n'en va pas de même pour la rivière WASWANIPPI, dotée de réserves moins considérables, pour laquelle le facteur principal est la température d'Avril à NITCHEQUON. Les précipitations de la période Juin-Octobre précédente n'interviennent qu'à titre correctif et les précipitations neigeuses de l'avant-dernier hiver sont pratiquement sans influence. Au total, la corrélation est fort acceptable.

Il est probable qu'on obtiendrait de meilleurs résultats si on pouvait disposer de données climatologiques moins lointaines et mieux échantillonnées.

Nous terminerons ce paragraphe en donnant quelques valeurs numériques concernant les crues aux stations observées pendant la plus longue période :

Tableau I : Rivière WASWANIPPI

Tableau II : Rivière RUPERT

Tableau III : Rivière aux OUTARDES

V . ORGANISATION des SERVICES HYDROLOGIQUES et EXPLOITATION des STATIONS -

L'importance du Ministère des Richesses Naturelles du QUEBEC est soulignée par le fait que le nouveau Premier Ministre, issu du changement politique de Juin dernier, Monsieur JOHNSON, a tenu à en conserver personnellement le portefeuille. Le Ministre, assisté de son Cabinet, exerce une autorité de tutelle sur 4 grandes organisations ou sociétés provinciales :

- Régie de l'Electricité et du Gaz
- Office de l'Electrification Rurale
- QUEBEC Pulps and Paper Corporation
- Hydro-QUEBEC

TABLEAU I

WASWANIPIT
à la sortie du lac WASWANIPIT

8 710 Mi Ca

Année	Maximum de fonte		Maximum des pluies		Observations
	Date	Débit pied 3/s	Débit pi 3/s		
1952	18-19 Mai	32 800	28 900		
1953	19-20 Mai	40 400	16 000		
1954	14-15 Mai	41 000	24 500		
1955	11 Mai	33 300	18 600		
1956	8 Juin	50 600	29 500		
1957	10-12 Mai	33 300	31 300		Pluie surimposée aux eaux de fonte
1958	8-9 Juin	24 100	25 400		Pluie surimposée
1959	18-19 Mai	42 600	27 500		
1960	26 Mai	55 700	30 200		
1961	23-25 Mai	37 100	22 700		
1962	4 Juin	47 500	pas net		Une pointe plus précoce le 23 Mai : 44 400
1963	3 Juin	22 500	25,800		Pluie surimposée - mélange de pluie et de fonte lors du maximum
* 1964	12 Mai	40 900	pas net		

* 1964 : autre station (7260 Mi Ca)

Date médiane du maximum : 19 Mai

TABLEAU II

RUPERT
à la sortie du lac NEMISCAU

15 700 Mi Ca

Année	Maximum de fonte		Maximum des pluies Débit pied 3/s	Observations
	Date	Débit pied 3/s		
1951	18-19 Avril	31 900	33 000	Douteux
1952	16 Mai	44 800	52 900	Douteux
1953	26-27 Mai	41 400	40 800	?
1954	20-21 Mai	46 500	pas net	
1955	4-8 Juin	36 700	31 000	
1956	12 Juin	47 200	47 400	
1957	9-10 Juillet	54 400		Influence probable des pluies
1958	17 Juillet	43 100	43 800	" " "
1959	16 Mai	57 900	46 800	
1960	20 Mai	64 800		Débit soutenu de Juillet à Novem.
1961	23 Mai	37 700	31 300	
1962	1-2 Juin	49 600	34 800	
1963	Débit de fonte confondu avec les pluies. Maximum : 31 800			
1964	1-2 Juin	59 800	49 100	

TABLEAU III

RIVIERE aux OUTARDES
à la chute aux OUTARDES

7 300 Mi Ca

Année	Maximum de fonte		Maximum des pluies Débit pied 3/s	Observations
	Date	Débit pied 3/s		
1924	21 Mai	56 400	30 000	
1925	15 Mai	46 500	24 400	
1926	4 Juin	78 800	19 000	
1927	22 Mai	49 600	51 400	Pluie surimposée aux eaux de fonte:
1928	29 Mai	85 800	23 800	
1929	3 Juin	69 200	33 600	Pluie surimposée
1931	27 Mai	49 200	24 200	
1932	21 Mai	62 500	62 500	
1933	26 Mai	57 500	n'apparaît pas:	
1934	30 Mai	59 400	20 900	2 pointes de fonte. La 1ère le
				8 Mai : 54 000 pi 3/s
1935	16 Mai	45 700	27 300	Pointes multiples de fonte
1936	16 Mai	55 100	19 300	Pointes de fonte multiples
1937	15 Mai	64 800	27 000	2 pointes de fonte
1938	27 Mai	46 315	25 780	
1939	20 Mai	46 445	29 760	Pluie surimposée
1940	29 Mai	81 180	38 910	Pluie surimposée
1941	12 Mai	32 920	23 450	
1942	7 Mai	78 870	51 290	
1943	28 Mai	99 990	26 520	
1944	11 Mai	50 610	24 140	
1945	12 Mai - 1er Juin	45 000	24 810	Pluie surimposée
1946	27 Mai	72 370	42 780	Pluie surimposée
1947	29 Mai	85 190	81 870	Pluie surimposée
1948	27 Mai	52 430	23 330	Pointe de fonte double
1949	10 Juin ?	58 160?		La crue de fonte est renforcée par:
				une pluie surimposée précoce. Le
				vrai max. de fonte doit être
				50 000 le 31 Mai

TABLEAU III (suite)

RIVIERE aux OUTARDES
à la chute aux OUTARDES

7 300 Ml Ca

Année	Maximum de fonte		Maximum des pluies		Observations
	Date	Débit pied 3/s	Débit pied 3/s		
1950	28 Mai	62 600	62 400		
1951	25 Mai	78 900	n'apparaît pas :		
			nettement		
1952	28 Mai	61 200	20 200		Pointes de fonte multiples
1953	25 Mai	55 000	26 700		
1954	19 Mai	58 400	21 000		
1955	31 Mai	70 700	n'apparaît pas :		
1956	28 Mai	47 100	42 100		
1957	7 Juin	73 300	pas net		Sans doute dégel très tardif
1958	2 Juin ?	62 400	55 000		Pluie surimposée. Nombreuses poin-
					tes. Date du max. non caractéris-
					tique
1959	17 Mai	67 500	40 600		Pluie surimposée - 2 pointes de
					fonte
1960	21 Mai	75 300	38 500		
1961	17 Mai	45 900	27 600		
1962	22 Mai	66 700	32 600		
1963	23 Mai	68 600	39 900		

Sous la haute autorité du Ministre, un sous-Ministre, actuellement Monsieur AUGER, s'occupe personnellement du Service de l'Information et du Service Juridique, et exerce son autorité sur 5 directions générales :

- Direction Générale de l'Administration
- Direction Générale de la Planification
- Direction Générale des Eaux
- Direction Générale des Mines
- Direction Générale du Nouveau QUEBEC

Le présent organigramme remonte à moins d'un an.

La Direction Générale des Eaux (Directeur Général : Monsieur SLIVITZKY, Directeur Général Adjoint : Monsieur DESLAURIER) est divisée en deux Directions :

- Direction des Services Hydrauliques
- Direction des Services Hydrologiques

Tandis que la première de ces Directions s'occupe de l'élaboration des projets hydrauliques de toute sorte, la seconde a pour mission d'établir et d'exploiter les données hydrologiques pour l'ensemble de la Province.

La Direction des Services Hydrologiques est elle-même divisée en trois services :

- Service de la Météorologie
- Service de l'Hydrographie
- Service de l'Hydrométrie

Il n'existe pas actuellement de Service ou de Section spécialement chargée de l'Interprétation des données hydrologiques et climatologiques, en particulier de l'Hydrométéorologie.

La réalisation des mesures hydrométriques et l'exploitation du réseau sont assurées par un certain nombre de sections qui se partagent 10 régions hydrographiques correspondant assez bien à des régions naturelles. Chaque station est désignée par un numéro de code de 6 chiffres composé du numéro de la région (2 chiffres), du numéro du bassin (2 chiffres) et du numéro de la station à l'intérieur du bassin (2 chiffres). Cette codification est indispensable pour l'exploitation automatique des données hydrométriques. Les désignations des régions sont les suivantes :

- 01 - Rivières tributaires de la baie des CHALEURS et du golf SAINT-LAURENT au Sud du ROCHER PERCE.
- 02 - Rivières tributaires du golf SAINT-LAURENT au Nord du ROCHER PERCE et de la rive Sud du SAINT-LAURENT.
- 03 - Rivières du versant Sud du SAINT-LAURENT à l'Ouest de BECANCOUR.
- 04 - Rivières du versant de la rivière des OUTAOUAIS.
- 05 - Rivières du versant Nord du SAINT-LAURENT entre la rivière des OUTAOUAIS et le SAGUENAY.
- 06 - Rivières du versant du SAGUENAY.
- 07 - Rivières du versant Nord du SAINT-LAURENT à l'Est du SAGUENAY.
- 08 - Rivières tributaires de la baie de HANNAH et de la baie de RUPERT.
- 09 - Rivières tributaires de la baie JAMES et de la baie d'HUDSON.
- 10 - Rivières tributaires du détroit d'HUDSON et de la baie d'UNGAVA.

(OTTAWA). Le SAINT-LAURENT lui-même est du ressort des Services Fédéraux

Pour donner une idée de l'importance du réseau hydrométrique, nous donnons ci-dessous, par régions hydrographiques, le nombre de bassins étudiés et de stations hydrométriques ou limnimétriques exploitées (liste arrêtée au 31 Mars 1966) :

Région	Nombre de bassins	Nombre de stations
01	5	5
02	15	52
03	6	33
04	12	56
05	10	56
06	1	21
07	13	20
08	5	21
09	4	34
10	6	11

Soit au total 309 stations réparties sur 77 bassins. Sur ce total, 161 stations sont des stations de jaugeages permanentes, 6 sont des stations de jaugeages saisonnières, 70 sont purement limnimétriques, 10 sont limnimétriques avec observation des seuls maximums, 35 se rapportent à des barrages et 27 à des usines. Si on ne retient que les stations permettant la mesure continue des débits, c'est-à-dire les stations de jaugeages permanentes, les stations des barrages et celles des usines, on dispose de :

- 50 ans de relevés ou plus à 13 stations,
- 40 ans de relevés ou plus à 50 stations,
- 30 ans de relevés ou plus à 73 stations,
- 20 ans de relevés ou plus à 95 stations,
- 10 ans de relevés ou plus à 115 stations.

La distribution géographique de cette ancienneté est très hétérogène ; en particulier, pour les territoires du Nord dont on se s'est préoccupé que récemment (régions 09 et 10), on ne dispose pas d'une seule série atteignant 10 ans.

L'équipement des stations est très poussé puisque sur les 161 stations de jaugeage permanentes, 84 sont équipées de limnigraphes et 34 d'enregistreurs à ruban perforé. Dans les endroits difficiles d'accès, ou pour les stations particulièrement exposées, l'enregistrement est doublé. Les limnigraphes sont de 3 types :

- cloche à membrane souple avec enrégistrement de pression sur diagramme circulaire,
- limnigraphe à bulles simple avec enrégistrement de la pression sur table déroulante,
- limnigraphe à bulles à servo-manomètre avec enrégistrement du déplacement de la colonne de mercure sur ruban perforé d'un côté et sur table déroulante de l'autre.

Pour les deux types de limnigraphes à bulles, le gaz employé est toujours l'azote, de préférence à l'air. La topographie des rivières canadiennes ne se prête pas à l'installation de limnigraphes à flotteur ; d'autre part, les problèmes posés par le gel, déjà fort ennuyeux pour les limnigraphes à pression seraient insolubles pour les appareils à flotteur.

Les jaugeages se font au moulinet sur poids de lestage ou sur perche légère pour les petits cours d'eau à l'étiage. Le moulinet le plus couramment utilisé est le PRICE à coupelles ; les hydrométristes se servent plus rarement de moulinets à hélice (OITou NEYRPIC). Lorsque la rivière est gelée, l'opérateur perce la couche de glace à intervalles réguliers au moyen d'une tarière à moteur, afin de pouvoir introduire l'appareil dans l'eau ; c'est une des raisons pour lesquelles il préfère le PRICE qui, avec un montage spécial, permet l'introduction par un trou de diamètre modeste. En eau libre, les jaugeages se font avec câble et bateau.

Jusqu'à présent, la méthode normalisée était celle des deux points, dans laquelle on mesure les vitesses aux 2/10 et aux 8/10 de la profondeur. Par contre, les verticales sont assez resserrées. La Direction du Service envisage de faire procéder à une exploration plus complète de chaque verticale, et d'imposer le dépouillement par la méthode dite des paraboles (double intégration graphique).

La glace est le phénomène le plus gênant pour les mesures de débits. La présence de sorbet à l'interface eau - glace, gêne considérablement les mesures lorsque la couche de ce sorbet atteint une certaine épaisseur. Mais surtout, l'existence de la couche de glace réduit à néant tout espoir d'établir une relation hauteur - débit valable même pour un seul hiver. Les débits de basses eaux ne peuvent être estimés que par le tracé de la courbe de tarissement guidé par l'exécution de deux ou trois jaugeages d'hiver. Dans les rivières du Nord, avec une seule débâcle, on s'en tire assez bien. Lorsqu'il se produit sur la rivière une succession d'embâcles et de débâcles, comme c'est souvent le cas dans les rivières du Sud, il est nécessaire d'augmenter le nombre des jaugeages si l'on veut atteindre quelque précision, et d'étudier de très près les phénomènes de refoulement dus aux embâcles. C'est une des raisons pour lesquelles la Direction Générale voudrait s'orienter vers les jaugeages chimiques plus faciles à réaliser dans ces conditions que les jaugeages au moulinet.

Disons enfin un mot des déplacements qui constituent une des principales difficultés des hydrométristes du QUEBEC. Dans le Sud et en GASPESIE, les opérateurs peuvent tant bien que mal se déplacer en voiture, même en hiver. Sur la côte Nord de l'estuaire du SAINT-LAURENT et dans les bassins du Grand Nord, ce n'est pas possible. Il est alors nécessaire d'utiliser l'avion, monté sur flotteurs lorsque les plans d'eau sont libres et sur skis lorsqu'il s'agit de se poser sur les lacs ou les rivières gelés. Outre le prix élevé de ce genre d'opération, il ne va pas sans quelques inconvénients : mauvais temps qui empêche le départ ou contraint le personnel à des bivouacs peu confortables par des températures de -40°C . Enfin l'emploi des avions oblige à étudier très sérieusement le poids du matériel utilisé, ce qui n'améliore pas les conditions de mesures qui souvent exigeraient un matériel lourd et un personnel relativement nombreux.

VI . PERSPECTIVES de COLLABORATION -

La mission de l'expert n'est pas terminée ; une très faible partie des problèmes a été examinée et il reste notamment :

- à perfectionner et à tester le modèle des crues de fonte de neige,
- à créer un modèle pour les crues pluviales,
- à étudier les régimes du Sud,
- à revoir les problèmes de basses eaux, aussi bien pour les régions du Sud que pour celles du Nord,
- à compléter la documentation sur le traitement automatique des données,
- à examiner les problèmes de petits et moyens bassins, ainsi qu'un programme éventuel de bassins expérimentaux, sinon pour l'immédiat, du moins pour un avenir relativement peu éloigné,
- à examiner le problème des précipitations exceptionnelles.

Bien d'autres questions seront probablement soulevées au cours des deux autres séjours que l'expert doit effectuer au QUEBEC sur la demande de la Direction Générale des Eaux. Les dates de ces séjours ont été fixées ainsi :

- 19 Septembre au 15 Octobre 1966
- 13 Mars au 13 Mai 1967

Les déplacements de l'expert à l'intérieur de la Province seront beaucoup plus limités que durant son premier séjour. Il sera bon toutefois de prévoir en 1967 une tournée sur les bassins de la baie JAMES avec jaugeages sur glace. Le séjour d'automne 1966 sera consacré principalement à l'examen des résultats du modèle de fonte de neige, à sa mise au point définitive, à l'étude des régimes du Sud et au lancement d'un modèle pluvial. Les autres questions seront étudiées au cours du séjour de 1967.

A la fin de la mission, on pourra examiner avec les Canadiens comment une collaboration suivie en matière d'hydrologie pourra s'instaurer. Cependant, dès aujourd'hui, on peut prévoir une coopération dans le domaine des jaugeages chimiques. L'intérêt que porte à ce procédé la Direction Générale des Eaux, le fait qu'il n'existe pas en AMERIQUE de spécialiste du jaugeage chimique, inciteront sans doute le Directeur Général à faire appel à un spécialiste français, probablement M. ANDRE, Chef du Service Hydrométrique de la Division Technique Générale d'Electricité de France (GRENOBLE), actuellement le meilleur spécialiste mondial du jaugeage chimique.

La création d'un Institut Franco-Canadien de l'étude de la neige, particulièrement des problèmes de fonte, liés aux paramètres climatologiques et en relation avec les possibilités d'écoulement, a déjà été évoquée et envisagée d'un oeil favorable par la Direction Générale des Eaux. Cette question sera étudiée plus en détail lors des prochains séjours de l'expert.

A N N E X E

ETUDE des CRUES de FONTE de NEIGE SOUS COUVERT FORESTIER au NORD du 48ème PARALLELE

I . GENESE de la CRUE :

Dans la zone géographique citée, qui couvre notamment les bassins de la côte Nord du SAINT-LAURENT, de la baie d'UNGAVA au Sud de FORT CHIMO, de la baie d'HUDSON et de la baie JAMES, la répartition des températures au cours de l'année est assez tranchée. Il en est de même pour la répartition des précipitations en neige et en pluie. En gros, il neige d'Octobre à Avril et il pleut de Juin à Septembre, avec des nuances, bien entendu, suivant la situation plus ou moins septentrionale du bassin.

L'accumulation sous forme de neige, disponible lors de la période de fonte, est donc pratiquement réalisée durant la période Septembre-Avril. En fait, il semble commode d'arrêter le stockage de la neige au 1er Avril pour le Sud de la région et au 1er Mai pour le Nord, quitte à ajouter les précipitations neigeuses éventuellement postérieures.

Dans l'extrême Nord (Rivière ARNAUD par exemple), la fonte ne commence guère que début Juin, tandis que dans le Sud (Rivière aux OUTARDES par exemple), on peut situer ce démarrage entre le 10 et le 15 Avril. Ces dates varient assez peu suivant les années.

Si l'on se place en un point donné du couvert neigeux, la vitesse de fonte comporte deux termes principaux, l'un proportionnel à l'excédent de température au-dessus du zéro Celsius (ou 32° F), l'autre proportionnel au rayonnement net (solde du bilan radiatif de courte longueur d'onde). Dans le cas d'un couvert forestier dense, le second terme est pratiquement négligeable. On peut alors admettre, en désignant par H la hauteur de neige fondue (en équivalent en eau) et par T la température de l'air sous couvert en ° F à proximité du sol :

$$dH/dT = a (T-32)$$

Il est rare que l'on possède à chaque instant la valeur de la température ; les données les plus couramment disponibles sont le maximum et le minimum journaliers. On peut envisager d'utiliser la température maximale journalière comme indice des températures et écrire la formule précédente :

$$H = A (T_{\max} - T_0)$$

H désignant alors la hauteur de fusion journalière et T_0 étant une constante corrective de la température. Le manuel du Corps des Ingénieurs de l'armée U.S. préconise, pour la fonte sous couvert forestier :

$$H = 0,04 (T_{\max} - 42)$$

H étant exprimée en pouces par jour et T en ° F. Il est préférable, dans une application à un bassin donné, de considérer A et T_0 comme des paramètres à ajuster. Ceci pour deux raisons :

- dans une application hydrologique, il est commode que A tienne compte également du coefficient de ruissellement.
- T_{\max} n'est qu'un indice qui ne donne pas la valeur moyenne de la température maximale sur le bassin, mais lui est simplement lié par une corrélation.

Les quantités d'eau ainsi fondues se dirigent vers l'exutoire à travers l'interface neige-sol d'abord, puis le réseau hydrographique. La crue résultante sera donc déterminée par :

- le stock de neige disponible au départ,
- l'évolution de la température,
- les caractéristiques hydrauliques du bassin (temps de transport par ruissellement et effet de stockage).

II . MODELE MATHEMATIQUE pour une CRUE de FONTE de NEIGE :

Nous supposerons que l'on dispose de K stations pour lesquelles on possède des relevés de température et l'évaluation du stock neigeux total disponible pour la fonte : ce sera par exemple l'équivalent en eau de la couche disponible au 1er Avril, plus l'équivalent en eau des précipitations neigeuses en Avril et éventuellement Mai. Nous supposerons en outre que le bassin peut être divisé en Θ zones isochrones. On décomposera le bassin en zones d'influence rattachées aux différentes stations suivant la méthode de THIESSEN. On obtient ainsi un certain nombre de recoupements entre les surfaces isochrones et les surfaces de THIESSEN. Désignons par $S_{k,\Theta}$ la surface d'intersection située dans la zone d'isochronisme Θ et sous l'influence de la station k. La matrice caractéristique du bassin aura la forme :

$$[S] = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1k} & \dots & S_{1K} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2k} & \dots & S_{2K} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{\Theta 1} & S_{\Theta 2} & \dots & S_{\Theta k} & \dots & S_{\Theta K} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{\Theta 1} & S_{\Theta 2} & \dots & S_{\Theta k} & \dots & S_{\Theta K} \end{bmatrix} \quad \text{Ordre } (\Theta, K)$$

Il est normal de supposer que T_0 est la même pour tout le bassin, ce qui permet de poser $T = T_{\max} - T_0$. La fusion va commencer pour la première valeur positive de T, et le jour où l'inégalité $T > 0$ se manifeste pour la première fois à l'une quelconque des stations pourra être pris comme point de départ. Toutefois, afin de ne pas alourdir les calculs, on choisira comme point de départ le premier jour d'une série vraiment caractéristique de $T > 0$. A partir de ce jour, on prendra $T = T_{\max} - T_0$ lorsque $T_{\max} - T_0 > 0$ et $T = 0$ lorsque $T_{\max} - T_0 \leq 0$.

La série des valeurs de T à chaque station devra être arrêtée lorsque $A \sum T = RM$, R étant le coefficient de ruissellement global et M le stock de neige total disponible à la station, exprimé en pouces d'équivalent en eau. On obtient ainsi la matrice des températures, d'ordre (,), N étant la plus longue période possible avant la disparition totale du stock neigeux à une des stations. Cette matrice comportera un certain nombre de termes nuls, soit pour T négatif ou nul, soit lorsqu'à une station donnée le stock neigeux sera épuisé. Elle sera de la forme :

$$[T] = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & \dots & T_{1i} & \dots & T_{1n} & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ T_{k1} & T_{k2} & \dots & T_{ki} & \dots & T_{kn} & T_{k,n+1} & \dots & T_{kN} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ T_{K1} & T_{K2} & \dots & T_{Ki} & \dots & T_{Kp} & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

i désigne le nombre de jours écoulés depuis la date initiale choisie pour le début de la fonte.

En prémultipliant $[T]$ par $[S]$, on obtient une matrice homothétique de la matrice des volumes de fonte.

$$[V] = [S] [T]$$

La véritable matrice des volumes serait $A [V]$, mais il est inutile pour l'instant d'effectuer l'opération d'homothétie.

$[V]$ a donc pour terme général :

$$V_{\theta i} = S_{\theta 1} T_{1i} + S_{\theta 2} T_{2i} + \dots + S_{\theta k} T_{ki} + \dots + S_{\theta K} T_{Ki}$$

C'est une matrice d'ordre : $[\overline{H}, N]$

Dans le cas des bassins qui nous occupent, l'effet de stockage est important et il est préférable d'introduire une fonction d'étalement que nous représenterons par $\lambda(t)$, opérateur fonctionnel pouvant prendre les valeurs $\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_j \dots \lambda_p$ avec $\sum_1^p \lambda_j = 1$. La matrice d'étalement $[\lambda]$ sera de la forme :

$$[\lambda] = \begin{bmatrix} \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 & \dots & \lambda_j & \dots & \lambda_p & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_1 & \lambda_2 & \dots & \lambda_{j-1} & \dots & \lambda_{p-1} & \lambda_p & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \lambda_p & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \lambda_{p-1} & \lambda_p & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

et de dimension $[N, N+p-1]$

Si par exemple on s'en tient à un étalement sur 4 jours, et que $N = 10$ jours la matrice $[\lambda]$ sera :

$$\begin{bmatrix} \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 & \lambda_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 & \lambda_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 & \lambda_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 & \lambda_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 & \lambda_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 & \lambda_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 & \lambda_4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 & \lambda_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 & \lambda_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 & \lambda_4 \end{bmatrix}$$

L'opération d'étalement sur la matrice $[V]$ s'effectue en post-multiplicant $[V]$ par $[\lambda]$

$$[V'] = [V] [\lambda]$$

$$[V'] \text{ est d'ordre } [H, N + p - 1]$$

La forme est la suivante :

$$[V'] = \begin{bmatrix} V'_{11} & V'_{12} & \dots & V'_{1, N+p-1} \\ V'_{21} & V'_{22} & \dots & V'_{2, N+p-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ V'_{H1} & V'_{H2} & \dots & V'_{H, N+p-1} \end{bmatrix}$$

Une courbe homothétique de l'hydrogramme de fonte est obtenue en additionnant diagonalement de droite à gauche les termes de la matrice $[V']$.

Jour 1	V'_{11}
Jour 2	$V'_{12} + V'_{21}$
Jour 3	$V'_{13} + V'_{22} + V'_{31}$
.....	
Jour $N+p-1$	$V'_{1, N+p-1} + V'_{2, N+p-1} + \dots + V'_{H, N+p-1}$
.....	
Jour $N+p+H-2$	$V'_{H, N+p-1}$

C'est donc un vecteur d'ordre : $N + p + H - 2$

La multiplication de ce vecteur par le scalaire A donne les volumes écoulés journallement. Si l'on divise chaque terme de ce nouveau vecteur par 86 400, on obtient l'hydrogramme de crue à proprement parler, exprimé en débits moyens journaliers.

La suite des opérations, les paramètres étant connus, peut se résumer comme suit :

- Etablissement de la matrice $[S]$ après tracé des isochrones et des polygones de THIESSEN.
- Etablissement de la matrice $[T]$ d'après les données météorologiques (températures journalières maximales, et valeur du stock de neige).
- Opération $[S] [T] \rightarrow [V]$
- Opération $[V] [\lambda] \rightarrow [V']$
- Somme diagonale de droite à gauche des termes de $[V']$: vecteur $\{Q'\}$
- Multiplication du vecteur $\{Q'\}$ par le scalaire A \Rightarrow vecteur $\{Q\}$
- Division du vecteur $\{Q\}$ par 86 400 \Rightarrow vecteur $\{q\}$, hydrogramme exprimé en débits moyens journaliers.

III . REGLAGE du MODELE :

Notons tout d'abord que, pour ne pas avoir à modifier le nombre des colonnes des matrices $[T]$, $[V]$, etc, on choisira au départ un nombre N assez élevé pour qu'une variation ultérieure des paramètres d'ajustement ne conduise pas à une capacité de la matrice $[T]$ supérieure à NK. Il sera aisé de bcrder à droite la matrice $[T]$ retenue par des colonnes nulles de manière à compléter à N.

Les paramètres de réglage sont :

(H)	Temps de base de l'isochronisme
R	Coefficient de ruissellement global
A	Coefficient tenant compte à la fois du taux de fonte et du taux de ruissellement
T_0	Température indicielle minimale de fonte
$\lambda(t)$	Fonction d'étalement

R n'intervient que pour estimer l'instant de fonte totale du stock neigeux. On est obligé de l'introduire du fait que A tient compte du rendement hydrologique du bassin ; le mode de réglage des paramètres, par comparaison entre l'hydrogramme synthétique et l'hydrogramme observé, ne permet pas de séparer à priori le rendement de la fonte elle-même et le rendement en ruissellement de l'eau fondue.

Une première estimation de (H) est faite par les méthodes habituelles, comme pour les crues pluviales (durée du ruissellement d'une crue pluviale d'été ; temps qui s'écoule de l'instant de la fonte totale à la fin du ruissellement de la crue de fonte etc...).

Au départ, pour la région qui nous concerne, on pourra prendre $R = 0,80$, $A = 0,04$ et $T_0 = 42$ ($^{\circ}$ F). Pour $\lambda(t)$, on pourra faire les premiers calculs avec :

$$\lambda_1 = 0,2 \quad \lambda_2 = 0,5 \quad \lambda_3 = 0,2 \quad \lambda_4 = 0,1$$

Des valeurs provisoires des paramètres étant ainsi fixées, on appliquera le modèle exposé ci-dessus aux données de températures et de stock neigeux obtenues pour la crue étudiée.

On comparera l'hydrogramme ainsi obtenu, reporté au-dessus de la courbe de tarissement, à l'hydrogramme observé. En général, ce premier essai permettra de préciser immédiatement la valeur de (H) , notamment par le synchronisme, ou le décalage, que l'on observera entre les maximums et surtout entre les courbes de montée. S'il y a lieu, on retouchera le tracé des isochrones et on établira une nouvelle matrice $[S]$.

Une fois (N) proprement ajusté, on ajustera A en pratiquant une homothétie des maximums ; plutôt que de prendre la pointe des hydrogrammes, on préférera utiliser les débits moyens des 3 ou 5 jours de plus forts débits.

Le réglage de T_0 se fait simultanément avec celui de A. Si l'homothétie amenant le maximum calculé au maximum observé conduit pour les débits du début de la fonte à des valeurs trop fortes, c'est que T_0 a été pris trop faible ; on fera quelques essais avec des valeurs plus fortes, en ayant soin de rechercher après chaque essai le nouveau rapport d'homothétie, en relation avec la valeur de A.

L'examen du maximum et de la courbe de décrue permet de compléter l'information sur la valeur réelle de R. Si R a été pris trop faible, la décrue calculée sera trop précoce et inversement. Dans cette opération, il faut se méfier de l'influence des pluies qui peut alors ne pas être négligeable.

Le réglage de λ est plus délicat. C'est la forme générale de l'hydrogramme, notamment des "creux" et des "bosses", qui donnera des indications sur la trop faible ou la trop grande efficacité de l'opérateur choisi. Il conviendra de faire plusieurs essais en faisant varier la répartition de l'étalement.

Une fois le modèle ajusté de façon satisfaisante sur une crue particulière, on effectuera des opérations de contrôle sur le plus grand nombre de crues possibles pour lesquelles on possède des relevés de débits et les données météorologiques adéquates.

IV . DEMARRAGE du PROGRAMME de RECHERCHE CONCERNANT les CRUES de FONTE de NEIGE :

Il faudrait d'abord procéder à la programmation du modèle sous la forme la plus souple possible, notamment en ce qui concerne les indications format.

Pour les essais, on commencera par la rivière aux OUTARDES qui a déjà été examinée de façon plus ou moins qualitative. Pour ce bassin de 7 300 milles carrés, on dispose de 2 stations d'observation pouvant fournir

des données sur les précipitations neigeuses et les températures journalières. Ce sont les stations de MANICOUAGAN (terrain d'aviation) et de LABRIEVILLE 1. Le découpage est très simplifié, puisqu'on ne dispose que de deux stations. On choisira $(H) = 10$ jours et il est peu probable, d'après les essais sommaires effectués, que l'on ait à modifier cette valeur. Etant donné la forme très allongée du bassin, on doit pouvoir choisir des surfaces isochrones égales. MANICOUAGAN intéresse à peu près les 7/10 du bassin et LABRIEVILLE les 3/10 situés dans la partie inférieure. La matrice caractéristique du bassin sera donc réduite à :

$$S = 7\,300 \text{ mi}^2$$

0,1	0
0,1	0
0,1	0
00	0,1
0	0,1
0	0,1
0	0,1
0	0,1
0	0,1
0	0,1

en donnant à LABRIEVILLE l'indice de station 1 et à MANICOUAGAN l'indice de station 2.

On adoptera au départ la fonction de répartition :

$$\lambda(t) = (0,2, 0,5, 0,2, 0,1)$$